

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09246356 A**

(43) Date of publication of application: **19.09.97**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/68**  
**G01B 21/00**  
**G03F 7/20**  
**G03F 7/207**  
**H01L 21/027**

(21) Application number: **08068998**

(22) Date of filing: **01.03.96**

(71) Applicant: **CANON INC**

(72) Inventor: **IWANAGA TAKEHIKO**  
**YAMADA YUICHI**

**(54) SURFACE POSITION SETTING METHOD**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable the surface of a substrate to be accurately set at a certain height with a simple control system without shortening a height measurement interval.

**SOLUTION:** A surface position setting method is carried out in such a manner that the height of a substrate surface is measured at a certain time interval by relatively scanning the surface of the substrate, a target value is set basing on the measured values, and the substrate is so driven as to make the height of a substrate surface reach to the target value, wherein the target value is changed at a time interval shorter than the surface height measuring time interval and the response time of a substrate height control system which measures the height of the substrate surface and drives the substrate. A value which is obtained basing on the measured values at

measurement points that include the nearest two measuring points is interpolated through linear interpolation and multi-approximate interpolation to be used as a substrate height drive target value between the above substrate height measuring points.

**COPYRIGHT: (C)1997,JPO**

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/68			H 0 1 L 21/68	F
G 0 1 B 21/00			G 0 1 B 21/00	A
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
7/207			7/207	H
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 8
審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 17 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-68998

(22) 出願日 平成8年(1996)3月1日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 岩永 武彦

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ  
ノン株式会社小杉事業所内

(72) 発明者 山田 雄一

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ  
ノン株式会社小杉事業所内

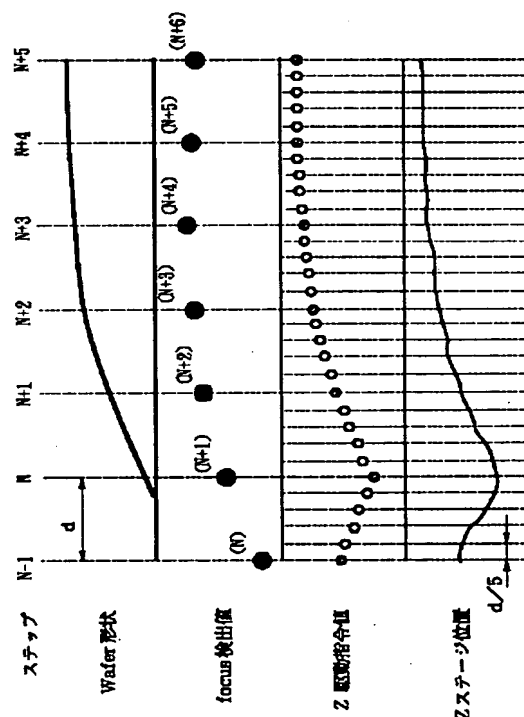
(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

## (54) 【発明の名称】 表面位置設定方法

## (57) 【要約】

【課題】 基板の表面位置を簡便な制御系により高さ計測の計測間隔を短くすることなく高精度に設定する。

【解決手段】 基板の表面を相対走査しながら該基板表面の高さを所定の時間間隔で測定しその測定値に基づいて目標値を作成し前記基板表面の高さをその目標値に向けて駆動する表面位置設定方法において、前記目標値の変更の間隔を前記基板高さ測定の間隔より短く、かつ前記高さ測定ないし駆動を行う基板高さ制御系の応答時間より短くし、前記基板高さ計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の表面を相対走査しながら該基板表面の高さを所定の時間間隔で測定しその測定値に基づいて目標値を作成し前記基板表面の高さをその目標値に一致させるべく駆動する表面位置設定方法において、前記基板高さ駆動の目標値の変更の間隔を前記基板高さ測定の間隔より短く、かつ前記高さ測定ないし駆動を行う基板高さ制御系の応答時間より短い時間とし、前記基板高さ計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いることを特徴とする表面位置設定方法。

【請求項2】 X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上に吸着固定された基板の高さを相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記基板高さ駆動の目標値の変更を前記基板高さ測定の間隔より短い間隔で行い、かつ前記基板高さの駆動により生じたX、YステージのX、Y位置測定の誤差の補正間隔を前記基板高さ測定間隔より短い間隔かつX、Yステージの応答時間より短い間隔とすることを特徴とする高さ設定方法。

【請求項3】 パターンが形成されたウエハの高さを相対走査しながら連続的に検出する方法において、前記ウエハの複数の被露光領域を相対走査しながら連続的に高さを検出する段階と、前記連続的に得られた複数の被露光領域内高さデータから該被露光領域内でほぼ同一箇所の高さのデータの組毎に各々ウエハの面位置データを求める段階と、前記被露光領域内の測定ポイントの内少なくとも1点を絶対基準位置にあわせるための補正値を求める段階と、前記絶対基準にとったポイントでつくられるウエハの面位置データに基づいて該被露光領域内の他の計測ポイントでつくられるウエハの面位置データの補正値を各々求める段階と、前記各補正値に基づいて相対走査中の連続高さ計測値を各々補正駆動する段階を有し、前記ウエハ高さ補正の駆動目標値の変更を前記ウエハ高さ測定の間隔より短い間隔で行い、かつ前記駆動目標値変更の間隔はウエハ高さ制御系の応答時間より短い時間とし、前記ウエハ高さ計測点の間のウエハ高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いることを特徴とするウエハ高さ設定方法。

【請求項4】 基板の面位置を相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記面位置駆動の目標値の変更を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔で行い、かつ前記駆動目標値変更の間隔は基板面位置制御系の応答時間より短い時間とし、前記基板面位置計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いることを特徴とする面位置設定方法。

【請求項5】 X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上のパターンが形成された基板の面位置を相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記基板面位置駆動の目標値の変更を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔で行い、かつ前記基板面位置の駆動により生じたX、YステージのX、Y位置測定の誤差の補正間隔を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔かつX、Yステージの応答時間より短い間隔とすることを特徴とする面位置設定方法。

10 【請求項6】 ウエハ上に並んだ同一パターン構造で形成された複数の被露光領域において、該被露光領域内を一定方向に相対走査しながら複数ポイントの面位置データを測定する段階と、該複数被露光領域域での上記相対走査中の複数面位置データに基づいて各相対走査のポイント毎の同一箇所のデータの組毎に前記ウエハの面形状を個別に検出する段階と該個別の面形状に基づいて被露光領域内の各相対走査計測位置での計測値の基準位置に対する補正値を検出する段階と前記補正値に基づいて該被露光領域内を一定方向に相対走査しながら測定される複数  
20 ポイントの面位置データに基づいて補正駆動する段階を有し、前記ウエハ面位置補正の駆動目標値の変更を前記ウエハ面位置測定の間隔より短い間隔で行い、かつ前記駆動目標値変更の間隔はウエハ面位置制御系の応答時間より短い時間とし、前記ウエハ面位置計測点の間のウエハ面位置駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いることを特徴とするウエハ面位置検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

30 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハ等の平板状基板の表面の高さや傾き等を検出し、その検出結果に基づいて基板の高さや姿勢を設定する面位置設定方法に関し、特にスリットスキャン方式の露光装置において、投影光学系の光軸方向に関するウエハ表面の位置や傾きを連続的に検出して該表面を所望位置に駆動する面位置設定方法に関する。

【0002】

40 【従来の技術】最近のメモリチップの大きさは、露光装置の解像線幅のトレンドおよびセルサイズのトレンドに対するメモリ容量の拡大トレンドの差から徐々に拡大傾向を示しており、例えば256Mの第1世代では14×25mm程度と報告されている。

50 【0003】このチップサイズでは現在クリティカルレイヤ用の露光装置として使用されている縮小投影露光装置（ステッパ）の直径31mmの露光域では、1回の露光あたり1チップしか露光できずスルーブットが上がらないために、より大きな露光面積を可能とする露光装置が必要とされている。大面積の露光装置としては、従来より高スルーブットが要求されるラフレイヤ用の半導体

素子露光装置、あるいはモニタ等の大面積液晶表示素子の露光装置として反射投影露光装置が広く使用されている。これは円弧スリット状の照明光でマスクを直線走査しこれを同心反射ミラー光学系でウエハ上に一括露光するいわゆるマスク・ウエハ相対走査によるスリット・スキャン型の露光装置である。

【0004】これらの装置におけるマスク像の焦点合わせは、感光基板（フォトレジスト等が塗布されたウエハあるいはガラスプレート）の露光面を投影光学系の最良結像面に逐次合わせ込むために、高さ計測とオートフォーカスおよびオートレベリングの補正駆動をスキャン露光中連続的に行っている。

【0005】これらの装置における高さおよび面位置検出機構は、例えばウエハ表面に光束を斜め上方より入射するいわゆる斜入射光学系を用いて感光基板からの反射光をセンサ上の位置ずれとして検知する方法や、エアマイクロセンサや静電容量センサなどのギャップセンサを用いる方法などがあり、スキャン中の複数の高さ測定値から測定位置が露光スリット領域を通過するときの高さおよび傾きの補正駆動量を算出、補正するというものであった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】スリットスキャン型の露光装置のオートフォーカスおよびオートレベリングではウエハが露光中に移動するため、フォーカス面検出系およびウエハステージウエハ高さ駆動系の応答速度の律速をうけて追従誤差つまりフォーカス誤差を生じる。

【0007】これを図5を用いて説明する。図5(a)において、移動するウエハ41上の露光領域Cにレチクルのパターンが露光されるものとし、ウエハ41が矢印Xの方向に移動しているものとする。露光領域Cの中央A点に高さ計測手段40Aを設けてこの計測値を用いてウエハステージ駆動を行っても、前記応答遅れのためにウエハ面をフォーカス面に追従することができない。このためスキャン型の露光装置においては、通常、露光領域C上の点Aと異なる位置に高さ計測手段を設けて予めウエハ面の高さを測定しておき、その位置が露光位置にきたときにウエハ高さを露光面に駆動するという方法をとる。図5(a)ではウエハの進行方向に露光領域中心Aから手前に距離dだけ離れた位置に高さ計測手段40Bを設け、A点が高さ計測手段40Bの下に到達した時、A点のウエハ面の高さを測定しておき、A点が露光領域Cの下にくる時にウエハ高さを露光面に駆動している。この場合のサンプリング間隔は距離dだけウエハが移動する時間( $t_s = d/s$ 、但しsはウエハのスキャン速度)である。

【0008】図5(b)はウエハのスキャン速度(サンプリング間隔 $t_s$ )に比べて前記検出系および駆動系の応答速度が遅い場合の、ウエハ面41、駆動されたウエハ高さ42、ウエハ面41と駆動されたウエハ高さ42

の残差すなわちフォーカス誤差43の関係を示している。このように応答遅れのためにフォーカス誤差が大きくなっている。

【0009】図5(c)はウエハのスキャン速度に比べて前記検出系および駆動系の応答速度が早い場合の、ウエハ面41、駆動されたウエハ高さ44、フォーカス誤差45の関係を示している。計測間隔より応答速度が速いために計測ポイント間でのフォーカス誤差が大きくなっている。

10 【0010】これを回避するためにサンプリング間隔を短くした場合の例を図5(d)に示す。サンプリング間隔を距離d/5だけウエハが移動する時間とし、ウエハ面41、駆動されたウエハ高さ46、フォーカス誤差47の関係を示している。このようにフォーカス誤差が小さくなり良好な追従を示している。

20 【0011】しかし、サンプリング間隔を短くすると次のような問題が発生する。ウエハ面内ではセル部分と周辺回路部分はCMPなどにより平坦化が進められているため1 $\mu$ m程度の段差しかないが、ウエハ外周部露光時にウエハの外からウエハ内に駆動する時にはセンサ間隔dだけウエハが移動する時間内にウエハ高さを数10 $\mu$ m変えなければならず、ウエハ内の段差に基づいただけでセンサ間隔dを決めることができない。また、サンプリング間隔を短くする場合、CCD等蓄積型の検出器を用いた時に有限の蓄積時間が必要であるためこれが律速となり、また測定系のデータバスを流れるトラフィックの量も増大するので、制御系が複雑で高価なものとなってしまう。

30 【0012】以上は、ウエハ高さ測定系の問題点を述べたが、この他にもウエハ高さを変えた時に発生する、レーザ干渉計のパーミラーの面の傾きによって生じるアップ(ABBE)誤差が問題となる。従来のウエハを静止して露光する装置の場合はこのアップ誤差はウエハ高さ駆動時に生じる他成分(X、Y成分)を補正する量だけステージをX、Y方向に駆動して補正していた。X、Yステージを駆動するとウエハ高さ方向を駆動する場合よりも被駆動物の質量が大きいため目標位置に達するまでに時間がかかってしまうが、この装置の場合はX、Yステージが目標位置に達してから露光するのでこのアップ補正が焼き付け線幅精度や露光位置精度等に与える影響はない。

40 【0013】しかし、スキャン型の露光装置の場合ステージが走査中にアップ補正を行う必要があるため次のような問題が生じてしまう。スキャン型の露光装置においてレチクルおよびウエハをスキャンして焼き付けをする場合、ウエハステージおよびレチクルステージは前述のように質量が大きく細かい制御が困難なのでその駆動パターンの基本は台形駆動で速度が一定になった部分を使用して焼き付けを行う。しかしここにアップ補正駆動が入ると焼き付け中の速度一定部分での目標値の書き換え

必要となり、この書き換え量が大きくなるとステージ駆動に伴う振動が発生し、この振動がそのまま焼き付けの線幅精度を悪化させてしまう。この問題は今後ウエハサイズが10インチ、12インチと大きくなり、これに伴いステージの質量が大きくなるにつれて顕著となる。

【0014】本発明の第1の目的は、基板を相対走査しながら該基板の高さを連続的に検出して高さ方向に駆動する方法において、高さ計測の計測間隔を短くすることなく簡便な制御系により高精度な高さ設定方法を提供することである。

【0015】本発明の第2の目的は、X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上に吸着固定された基板を相対走査しながら該基板の高さを連続的に検出して駆動する方法において、高さ駆動に伴うX、Y方向の位置ずれの生じない高精度な高さ設定方法を提供することである。

【0016】本発明の第3の目的は、パターンが形成されたウエハの高さを該ウエハを相対走査しながら連続的に検出して所定の高さに設定する方法において、簡便な制御系でスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで高精度に補正することが可能な高さ設定方法を提供することである。

【0017】本発明の第4の目的は、基板を相対走査しながらその面位置を連続的に検出して駆動する方法において、面位置計測の計測間隔を短くすることなく簡便な制御系により高精度な面位置設定方法を提供することである。

【0018】本発明の第5の目的は、X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上に吸着固定された基板を相対走査しながらその面位置を連続的に検出して駆動する方法において面位置駆動に伴うX、Y方向の位置ずれの生じない高精度な面位置設定方法を提供することである。

【0019】本発明の第6の目的は、ウエハ上に並んだ同一パターン構造で形成された複数の被露光領域上のウエハ面位置を相対走査しながら連続的に検出する方法において、簡便な制御系によりスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで高精度に補正することが可能な面位置設定方法を提供することである。

#### 【0020】

【課題を解決するための手段および作用】上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、基板を相対走査しながらその高さを連続的に検出して駆動する方法において、前記基板高さ駆動の目標値の変更を前記基板高さ測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔は被検査物高さ制御系の応答時間より短い時間とし、前記基板高さ計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを

用いることにより、高さ計測の計測間隔を短くすることなく簡便な制御系により高精度な高さ設定を可能としたものである。

【0021】また、本発明の第2の態様は、X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上に吸着固定された基板の高さを相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記基板高さ駆動の目標値の変更を前記基板高さ測定の間隔より短い間隔で行い、また前記基板高さの駆動により生じたX、YステージのX、Y位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記基板高さ測定の間隔より短い間隔かつX、Yステージの応答時間より短い間隔とすることにより、高さ駆動に伴うX、Y方向の位置ずれの生じない高精度な高さ設定を可能としたものである。

【0022】また、本発明の第3の態様は、パターンが形成されたウエハの高さを相対走査しながら連続的に検出する方法において、前記ウエハの複数の被露光域内を相対走査しながら連続的に高さを検出する段階と、前記連続的に得られた複数の被露光域内高さデータから該被露光域内でほぼ同一箇所の高さのデータの組毎に各々ウエハの面位置データを求める段階と、前記被露光域内の測定ポイントの内少なくとも1点を絶対基準位置に合わせるための補正値を求める段階と、前記絶対基準に合ったポイントでつくられるウエハの面位置データに基づいて該被露光域内の他の計測ポイントでつくられるウエハの面位置データの補正値を各々求める段階と、前記各補正値に基づいて相対走査中の連続高さ計測値を各々補正駆動する段階を有し、前記ウエハ高さ補正の駆動目標値の変更を前記ウエハ高さ測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔はウエハ高さ制御系の応答時間より短い時間とし、前記ウエハ高さ計測点の間のウエハ高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いることにより、簡便な制御系でスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで高精度に補正することができる高さ設定を可能としたものである。

【0023】また、本発明の第4の態様は、基板の面位置を相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記面位置駆動の目標値の変更を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔は基板面位置制御系の応答時間より短い時間とし、前記基板面位置計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものをを用いることにより、面位置計測の計測間隔を短くすることなく簡便な制御系により高精度な面位置設定を可能としたものである。

【0024】また、本発明の第5の態様は、X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上のパターンが形成された基板の面位置を相対走査しながら連続的に検出し

駆動する方法において前記基板面位置駆動の目標値の変更を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記基板面位置の駆動により生じたX、YステージのX、Y位置測定の間隔より短い間隔かつX、Yステージの応答時間より短い間隔とすることにより、面位置駆動に伴うX、Y方向の位置ずれの生じない高精度な面位置設定を可能としたものである。

【0025】また、本発明の第6の態様は、ウエハ上に並んだ同一パターン構造で形成された複数の被露光領域において、該被露光領域内を一定方向に相対走査しながら複数のポイントの面位置データを測定する段階と、該複数の被露光領域での上記相対走査中の複数の面位置データに基づいて各相対走査のポイント毎の同一箇所データの組毎に前記ウエハの面形状を個別に検出する段階と該個別の面形状に基づいて被露光領域内の各相対走査計測位置での計測値の基準位置に対する補正値を検出する段階と前記補正値に基づいて該被露光領域内を一定方向に相対走査しながら測定される複数のポイントの面位置データに基づいて補正駆動する段階を有し、前記ウエハ面位置補正の駆動目標値の変更を前記ウエハ面位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔はウエハ面位置制御系の応答時間より短い時間とし、前記ウエハ面位置計測点の間のウエハ面位置駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを用いることにより、簡便な制御系によりスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで高精度に補正することができる面位置設定を可能としたものである。

#### 【0026】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づき説明する。図2は本発明の面位置検出方法を用いるスリット・スキャン方式の投影露光装置の部分概略図である。図2において、1は縮小投影レンズであり、その光軸は図中AXで示され、またその像面は図中Z方向と垂直な関係にある。レチクル2はレチクルステージ3上に保持され、レチクル2のパターンは縮小投影レンズ1の倍率で1/4ないし1/2に縮小投影されてその像面に像を形成する。4は表面にレジストが塗布されたウエハであり、先の露光工程で形成された多数個の被露光領域（ショット）が配列されている。5はウエハを載置するステージで、ウエハ4をウエハステージ5に吸着、固定するチャック、X軸方向とY軸方向に各々水平移動可能なXYステージ、投影レンズ1の光軸方向であるZ軸方向への移動や、X軸、Y軸方向に平行な軸の回りに回転可能なレベリングステージ、前記Z軸に平行な軸の回りに回転可能な回転ステージにより構成されており、レチクルパターン像をウエハ上の被露光領域に合致させるための6軸補正系を構成している。

【0027】図2における10から19はウエハ4の表面位置および傾きを検出するために設けた検出光学系の各要素を示している。10は光源であり、白色ランプ、または相異なる複数のピーク波長を持つ高輝度発光ダイオードの光を照射するよう構成された照明ユニットよりなっている。11はコリメータレンズであり、光源10からの光束を断面の強度分布がほぼ均一の平行光束として射出している。12はプリズム形状のスリット部材であり、一對のプリズムを互いに斜面が相対するように貼り合わせており、この貼り合わせ面に複数の開口（例えば6つのピンホール）をクロム等の遮光膜を利用して設けている。13はレンズ系で両テレセントリック系よりなり、スリット部材12の複数のピンホールを通過した独立の6つの光束をミラー14を介してウエハ4面上の6つの測定点に導光している。図2では2光束のみ図示しているが、各光束は紙面垂直方向に各々3光束が並列している。このときレンズ系13に対してピンホールの形成されている平面とウエハ4の表面を含む平面とはシャインプルーフの条件（Scheinmplug's condition）を満足するように設定している。

【0028】本実施例において光照射手段からの各光束のウエハ4面上への入射角 $\phi$ （ウエハ面にたてた垂線すなわち光軸となす角）は $\phi=70^\circ$ 以上である。ウエハ4面上には図4に示すように複数のパターン領域（露光領域ショット）が配列されている。レンズ系13を通過した6つの光束は図3に示すようにパターン領域の互いに独立した各測定点に入射、結像している。また6つの測定点がウエハ4面内で互いに独立して観察されるようにX方向（スキャン方向）からXY平面内で $\theta^\circ$ （例えば $22.5^\circ$ ）回転させた方向より入射させている。

【0029】これにより特願平3-157822号にあるように各要素の空間的配置を適切にし面位置情報の高精度な検出を容易にしている。

【0030】次にウエハ4からの反射光束を検出する側すなわち15から19について説明する。16は受光レンズで両テレセントリック系よりなり、ウエハ4面からの6つの反射光束をミラー15を介して受光している。受光レンズ16内に設けたストッパ絞り17は6つの各測定点に対して共通に設けられており、ウエハ4上に存在する回路パターンによって発生する高次の回折光（ノイズ光）をカットしている。両テレセントリック系で構成された受光レンズ16を通過した光束はその光軸が互いに平行となっており、補正光学系群18の6個の個別の補正レンズにより光電変換手段群19の検出面に互いに同一の大きさのスポット光となるように再結像させている。またこの受光する側（16から18）はウエハ4面上の各測定点と光電変換手段群19の検出面とが互いに共役となるように倒れ補正を行っているために、各測定点の局所的な傾きにより検出面でのピンホール像の位置が変化することはなく、各測定点の光軸方向AXでの

高さ変化に応答して検出面上でピンホール像が変化するように構成されている。

【0031】ここで光電変換手段群19は6個の1次元CCDラインセンサにより構成している。これは次の点で従来の2次元センサの構成よりも有利である。まず補正光学系群18を構成する上で光電変換手段を分離することにより各光学部材やメカ的なホルダの配置の自由度が大きくなる。また検出の分解能を向上させるにはミラー15から補正光学系群18までの光学倍率を大きくする必要はあるが、この点でも光路を分割して個別のセンサに入射させる構成とした方が部材をコンパクトにまとめることが可能である。さらにスリット・スキャン方式では露光中のフォーカス連続計測が不可欠となり計測時間の短縮が絶対課題となるが、従来の2次元CCDセンサでは必要以上のデータを読み出しているのもその一因であるが1次元CCDセンサの10倍以上の読出し時間を必要とする。

【0032】次にスリット・スキャン方式の露光システムについて説明する。図2に示すように、レチクル2はレチクルステージ3に吸着、固定された後、投影レンズ1の光軸AXと垂直な面内でRX(X軸方向)方向に一定速度でスキャンするとともに、RY(Y軸方向:紙面に垂直)には常に目標座標位置をスキャンするように補正駆動される。このレチクルステージのX方向およびY方向の位置情報は、図2のレチクルステージ3に固定されたXYバーミラー20へ外部のレチクル干渉計(XY)21から複数のレーザビームが照射されることにより常時計測されている。露光照明光学系6はエキシマレーザ等のパルス光を発生する光源を使用し、不図示のビーム整形光学系、オブティカルインテグレータ、コリメータレンズおよびミラー等の部材で構成され、遠紫外領域のパルス光を効率的に透過あるいは反射する材料で形成されている。ビーム整形光学系は入射ビームの断面形状(寸法含む)を所望の形に整形するためのものであり、オブティカルインテグレータは光束の配光特性を均一にしてレチクル2を均一照度で照明するためのものである。露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードによりチップサイズに対応して矩形の照明領域が設定され、その照明領域で部分照明されたレチクル2上のパターンが投影レンズ1を介してレジストが塗布されたウエハ4上に投影される。

【0033】図2に示すメイン制御部27は、レチクル2のスリット像をウエハ4の所定領域にXY面内の位置(X,Yの位置およびZ軸に平行な軸の回りの回転 $\theta$ )とZ方向の位置(X,Y各軸に平行な軸の回りの回転 $\alpha$ , $\beta$ およびZ軸上の高さZ)を調整しながらスキャン露光を行うように、全系をコントロールしている。すなわち、レチクルパターンのXY面内での位置合わせは、レチクル干渉計21とウエハステージ干渉計24の位置データと、不図示のアライメント顕微鏡から得られるウ

エハの位置データから制御データを算出し、レチクル位置制御系22およびウエハ位置制御系25をコントロールすることにより実現している。レチクルステージ3を図2矢印3aの方向にスキャンする場合、ウエハステージ5は図2の矢印5aの方向に投影レンズの縮小倍率分だけ補正されたスピードでスキャンされる。レチクルステージ3のスキャンスピードは、露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードのスキャン方向の幅とウエハ4の表面に塗布されたレジストの感度からスループットが有利となるように決定される。

【0034】レチクルパターンのZ軸方向の位置合わせ、すなわち像面への位置合わせは、ウエハ4の高さデータを検出する面位置検出系26の演算結果をもとに、ウエハステージ内のレベリングステージへの制御をウエハ位置制御系25を介して行っている。すなわち、スキャン方向に対してスリット近傍に配置されたウエハ高さ測定用スポット光3点の高さデータからスキャン方向と垂直方向の傾きおよび光軸AX方向の高さを計算して、露光位置での最適像面位置への補正量を求め補正を行っている。

【0035】以下、本発明の面位置検出方法によりウエハ4の被露光領域の高さ位置を検出する方法を述べる。図5(a)はウエハ露光時のウエハ高さ測定位置と露光領域の位置の関係を示したもので、移動するウエハ面41上の露光領域Cにレチクルのパターンが露光され、ウエハ41が矢印Xの方向に移動しているものとする。図5(a)ではウエハの進行方向に露光領域中心Aから手前に距離dだけ離れた位置に高さ計測手段40Bを設けてあり、A点が高さ計測手段40Bの下にある時A点のウエハ面の高さを測定しておき、A点が露光領域Cの中心に来る時にウエハ高さを露光面に駆動している。この場合のウエハ高さ測定サンプリング間隔は距離dだけウエハが移動する時間である。

【0036】露光時にウエハ面の高さを変える場合は次の3つが考えられる。まず、チップ内の高さ変化に対する変動に対して、次にチップの継目(スクライプライン)における変動に対して、最後に露光領域がウエハ外からウエハ内に入ってきた場合の変動に対してである。チップ内の変動はセル部分と周辺回路部分はCMPなどにより平坦化が進められているので1~2 $\mu$ m程度の段差であり、またチップとスクライプラインとの段差はチップ内の段差より大きいがそれでも数 $\mu$ m程度である。これに対し、ウエハ外周部露光時にはまず適当な高さにウエハ面を固定しておき、高さ計測手段がウエハ上の高さ計測可能な位置に入ってから高さ計測し露光領域がウエハ上に移動するまでの間に高さ駆動を行う。このため、場合によっては露光領域中心からウエハ高さ計測センサ間の距離ウエハが移動する時間内にウエハ高さを10 $\mu$ m程度変えなければならない。

【0037】したがって、ウエハ内の段差のみを考慮し

てウエハ高さ制御系の応答速度を決定するのではなく、露光時のウエハの外からウエハ内に駆動する時のウエハ高さ制御系の応答速度を決定する必要がある。このためウエハ高さ制御系の応答速度は、ウエハが露光領域中心とウエハ高さ計測センサとの間の距離分移動する間にチップ内での高さ変動分を駆動するには十分な速さを持っている。

【0038】図5(c)は図5(a)においてウエハのスキャン速度に比べて前記検出系および駆動系の応答速度が速い場合の、ウエハ面41、駆動されたウエハ高さ44、フォーカス誤差45の関係を示している。計測間隔より応答速度が速いために計測ポイント間でのフォーカス誤差が大きくなっている。

【0039】図5(d)はサンプリング間隔を図5(c)の1/5にした場合の例である。ウエハ面41、駆動されたウエハ高さ46、フォーカス誤差の関係を示している。このように図5(c)に比べるとフォーカス誤差が小さくなっている。しかし、光電変換手段群19に1次元CCDラインセンサを使用しているために、光源10の光量とCCDの蓄積時間の関係からサンプリング時間をむやみに短くすることはできない。また、光源10の光量を増やしてサンプリング間隔を短くしたとしても、測定系のデータバスを流れるトラフィックの量も増大し、制御系が複雑で高価なものとなってしまうし、所詮露光領域はウエハ走査方向で固定の幅を持っているため、この幅より短い周期の凸凹には実質的に追従できず、あまり細かい間隔で計測しても意味がないものとなる。

【0040】このため本発明では、サンプリング間隔dは変えずに、駆動指令を与える間隔をサンプリング間隔より短くし、また、この駆動指令を与える間隔は制御系の応答時間より短い時間とし、サンプリング点の間のデータは、前後のサンプリング点を含む複数のサンプリング点での計測データに基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを用いる。

【0041】図1は本発明を適用したウエハ露光時の駆動例であり、簡素化のためウエハ高さ測定装置は1つとし、駆動および計測方向はレンズ光軸と同じ方向(Z方向)のみとし、ウエハの傾き方向( $\alpha$ ,  $\beta$ )の駆動はないとしている。ウエハ高さ計測サンプリング間隔はdのままとし、Z位置駆動指令は間隔d/5で与え、Zステージ制御系の応答時間はウエハが距離d/5移動する時間より長いものとし、計測ステップN-1の時にウエハ高さ計測装置がウエハ上Nの位置を計測し、露光領域中心はN-1の位置にあり、ここではN-1の位置はウエハ外にあるものとする。また、各ステップ間の駆動指令値は前後の高さ計測値からの補間に基づく値とする。

【0042】ステップN-1では露光位置にウエハ面がないためZステージは適当な位置になるように駆動指令値を与える。この位置はウエハチャックから一定の高さ

の固定値でもよいし、以前に計測した該ウエハ位置に最も近いウエハの位置の高さでもよいし、予めウエハの外周部の値を測定しておいてこの値を使用してもよい。ステップN-1からステップNの間の駆動指令値はステップN-1の時の駆動指令値とステップN-1で検出したウエハ面高さに基づく値から補間で求める。

【0043】ステップNにおいては露光位置中心がウエハ上にきてウエハ露光を開始する。ステップNでの高さ駆動補正值はステップN-1でのウエハ高さ計測値に基づく値であり、この時にステップN+1のウエハ面高さを計測する。ステップNからステップN+1の間の駆動指令値はステップNでのウエハ高さ駆動指令値とステップNで検出したステップN+1における露光位置中心の位置(ステップNにおけるウエハ高さ計測手段の計測位置)のウエハ面高さに基づく値から補間で求める。以下、これをステップN+2以降繰り返して露光時のウエハ高さ駆動を行う。

【0044】このように本発明を実施すればフォーカス誤差が小さくなり、また、Zステージ制御系の応答時間より短い間隔で目標値を変えているので駆動時の目標値への収束時に生じる振動が生じていない。さらにサンプリング間隔をd/5とした場合と比べて計測間隔が長いいため、簡単な制御系で構成することが可能となる。また、この時に与える目標値はあらかじめ制御系の応答を考慮して補間で算出した値に応答遅れを考慮した値を加えてもよい。

【0045】なお、図1では各ステップにおいてウエハ高さ測定とZ位置駆動指令を同じタイミングで実施しているが、この時予め駆動系の遅れを考慮してZ位置駆動指令を与えるタイミングを変えても良い。また、ここではウエハ駆動はZ方向のみとしウエハの傾き方向( $\alpha$ ,  $\beta$ )の駆動はないとしたが、無論傾き方向の計測および駆動に対しても本発明は適用可能である。

【0046】また、本発明を適用することにより、先に述べたアップ補正に伴う線幅精度の悪化も解決される。図6(a)は前記アップ補正に伴うXステージの挙動を示したもので、横軸は時間、a, k間が露光領域中心とウエハ高さ検出系間距離dをウエハが走査するのに要する時間に相当し、ステージの応答速度はウエハがd/2の距離移動するのに必要な時間とし、a, b, ……., kがウエハおよびレチクルステージ干渉計のサンプリングおよび目標値の書き換えのタイミングを示し、Zのサンプリングおよび駆動をa, k間で1回のみとしている。

【0047】図6(a)において、50はZ方向駆動がない場合の干渉計の読み値で、本来はa, k間で目標値が変化しているために斜めの線になるが説明のためa, k間で目標値一定としている。fのタイミングでZ方向駆動した場合、干渉計の読み値は51のようにアップ誤差分だけずれてしまう。これを補正するためにhのタイ



ミングでアップ誤差分だけ目標値を補正するが、52の補正量が大きいとXステージの目標値からのずれは53のようにg以降大きく変動している。

【0048】図6(b)は本発明を適用した場合のアップ補正に伴うXステージの挙動を示したもので、a, c, e, g, i, kのタイミングでZ方向駆動して、干渉計の補正値をc, d, f, h, jで各々a, c, e, g, i, kの駆動量に応じて変更している。干渉計の最終的な補正値つまりkにおける52と55は同じ量であるが、Xステージの応答速度より速い間隔でステージの目標値、つまり干渉計の補正値を変えて細かく補正をかけているためにステージの振動が生ぜず目標値からのずれ56は53より小さくなっている。このようにZ位置駆動により生じたアップ誤差を補正する場合も本発明を実施すればX方向の位置誤差が小さくなり、焼き付け線幅変動のない露光が可能となる。また、以上はスキャン方向のXステージについて述べたがYステージについても同様である。なお、アップ補正をウエハステージ側ではなくレチクルステージ側で行ってもよいが、この場合、補正量が縮小投影レンズの倍率に従って増えることにな

る。

【0049】以上、本発明により被露光領域のウエハ表面高さ位置を検出、駆動する方法を述べたが、実際には上記実施例のような光学方式の検出系を用いてウエハ4の被露光領域のZ方向の位置すなわち像面位置に対する位置(Z)および傾き( $\alpha$ ,  $\beta$ )のずれを検出するためにはウエハ4の表面を正確に計測するとともに露光スリット形状と被露光領域のトポグラフィ(実際の段差)との関係も考慮しなければならない。

【0050】前者の表面を正確に計測するという目的に対して光学方式の検出系を用いた場合次のような検出誤差の要因が考えられる。すなわちウエハ4のレジスト表面で反射した光とウエハ4の基板面で反射した光との干渉の影響である。その影響は基板面の材質により変化しA1などの高反射の配線材料では無視できない量となる。また、レジスト表面を確実にとらえるようにセンサを構成したとしても次のような場合、その表面に沿って補正を行ったとき却ってデフォーカスが発生する場合がある。すなわち、メモリなどの露光域内の構成は大きく分けるとメモリセルの部分と周辺回路の部分とからなり、一般的にクリティカルな解像性能を要求される露光領域はメモリセルの部分に集中している。256Mのチップを例にとると、メモリチップはクリティカルな線幅転写が要求されるメモリセル領域とメモリセル領域を分割するように縦・横に走るルールの緩い周辺回路部分からなっている。この境界領域を拡大したのが図7(a)

(b)である。セル部分と周辺回路部分は前述のように平坦化が進められているが1 $\mu$ m程度の段差が残ってしまう。今、図7(a)に示すように、この領域をスキャンしながらZ方向の補正を計測値通り行う場合、すなわ

ちスリットの露光像面をレジスト表面に常にトラッキングさせる場合に、スリットのスキャン方向の幅すなわち短辺が5mmに対して周辺回路部分が2mmあるとすると、段差がある周辺回路の両脇にあるメモリセルの各々2mmの領域(図7(a)ハッチング部分)で1 $\mu$ m程度のデフォーカスが発生することになる。周辺回路の線幅管理はメモリセルのそれに比べて緩くなっているためフォーカス深度もそれに依拠して拡大している。この点を考慮すれば、実段差にスキャン系を追従させることは好ましくなく、段差データを補正量として管理の方が精度的に有利である。

【0051】以下に、前記段差データを補正量として管理しフォーカスの補正を行った場合について説明する。図9はその補正方法の概略のフローチャートである。ステップ101でスタート指令を受け、ステップ102でウエハをステージ上に搬入しチャックに吸着固定する。その後チップの被露光域内部の表面形状を測定するためにステップ103で複数サンプルショット領域にてプリスキャン測定を行う。その後、測定されたスキャンフォーカス検出値を用いてスキャン中の計測値を最適露光像面位置までの距離に補正するための補正項を求めるためにステップ104にて算出する。補正値の算出が完了するとステップ105にて各被露光位置でのフォーカス検出値を前記補正値で補正しながら露光域を露光像面に合わせるために補正量算出と補正駆動を行う。

【0052】このプリスキャンで求めた計測誤差と段差補正値は、被露光領域のトポグラフィと下地のパターンの反射率に依存している。したがって、ロット着工時(n枚)には、最初の数枚(j枚)で求めたオフセット値を、以降のウエハに適用することが可能である。この場合のシーケンスを図10に示す。図10に示したシーケンスによって、スルーットを大幅に向上することが可能となる。

【0053】次に、計測誤差要因をスキャン中のフォーカス計測値から補正するためのオフセット計測方法を詳細に説明する。ウエハの面位置および傾きを検出する際に問題となる計測誤差やチップ内段差のオフセット値を計測データから補正値として導出する方法を以下図11および図12のフローチャートを使用して説明する。

【0054】まず上記オフセットを算出するために予めサンプルショットとしてスキャン計測すべき被露光領域を複数個決めておく。これはウエハの面精度の影響を受けにくいウエハ上中心対称かつ全面的情報を効率的に得られる例えば図4に示すような位置を選択することが望ましい。この配置はCMPなどの研磨工程やその他の処理工程等を考慮した場合、ウエハが円形状であることから変形が中心対称的に発生することが想定されるからである。まず図11のステップ1でウエハ4をウエハステージ5のチャック上に載せて吸着、固定する。

【0055】その後ステップ2で不図示のアライメント

10

20

30

40

50

顕微鏡下へ特定ショットのアライメントマークを移動し、フォーカス補正を行い、アライメントマークの位置を計測する。この測定を複数（ $g$ ショット）のショットで測定し、得られるアライメントデータからウエハ上の全露光位置のショットの配列データを補正し、各露光領域がスキャン中、正しくレチクルと位置合わせできるような状態にしておく。この状態にしておけば各被露光位置のパターンは同一のレチクルにて処理されているため、各露光位置におけるステージ座標で定義した第 $j$ 回目のフォーカス計測時の下地構造はアライメント精度の範囲内で完全に一致することが期待され、実際各測定ごとにほぼ一定の計測データを示すことが確認されている。このステップで得られた配列情報に従って以下のサンプルショット移動およびショット内のスキャンが実行されるため、ショット内各スキャン位置でのチップ内形状はアライメント精度の範囲内で同一基板構造の同一箇所を測定していることになる。またこの測定の段階でウエハ全面の傾斜成分をフォーカス検出系で測定しておき、ステップ3に入る前にウエハ全体の傾斜成分を補正するようにウエハステージ5内部のレベリングステージを補正駆動しておく。

【0056】このステップ2でのショット配列補正が確定するとステップ3でオフセット計測のシーケンスに移行していく。まず予め決定されたサンプルショット $S_i$ （ $i=1\sim m$ ）内の第1計測ポイント位置へウエハ系のレーザ干渉計24の出力信号に基づいて移動する（ステップ3、ステップ4）。そこで被露光領域内第 $j$ 計測ポイントでのウエハ表面での面位置計測データすなわちウエハ表面の光軸 $AX$ 方向の位置 $Z_{jk}$ （ $k=1\sim p$ ）を検出光学系（10～19）で検出することになるが、実際の露光時にはほぼ投影レンズの像面近傍で計測されるためこのオフセット測定の際も像面近傍で計測する必要がある。

【0057】今、ウエハの面形状が変形をうけていない平らな場合、ウエハ全面の面形状を知るためにはウエハの高さを固定（レベリングステージの高さ固定）してウエハステージを $X$ 、 $Y$ 方向にステップし、位置決めを行い、逐次フォーカス測定を行えばよい。しかるにウエハが複数の処理工程を経て加工が進んでくるとウエハ全面の形状は図8（a）、（b）に示すような凸または凹の形状を持つ傾向がある。このような全体的に変形を受けたウエハにおいて斜入射の検出光学系を用いた場合、図8（a）に示すようにウエハの高さを固定したままフォーカス計測を進めるとフォーカスビームの観察位置はウエハ形状の変化すなわち高さ変化に応じて横方向にシフトしてしまい、本来必要としている露光像面近傍での観察パターンとは異なる位置を読んでいる可能性が高くなる。この問題の解決方法として図8（b）に示すように各計測位置で $Z$ ステージの位置を像面近傍位置へ補正する方法をとっている。

【0058】このシーケンスを図11に戻って説明する。まずステップ5にて $XY$ 平面内で露光位置と同一の位置で位置決めされた状態でのウエハステージ5内のレベリングステージの位置（ $Z_0$ 、 $\alpha_0$ 、 $\beta_0$ ）を記憶（最初のサンプルショットの第1ポイントでのみ測定、その後の各ショット、各ポイントでの補正計算にはこのデータを使用）した後、ウエハ表面での面位置計測データを求め、その値を用いて像面位置まで $Z$ 補正駆動を行う。この像面位置までの $Z$ 補正駆動を行うことにより前記フォーカスビームの横方向シフトの問題はなくなり（図8（b））、補正後のレベリングステージの位置（ $Z_j$ 、 $\alpha_0$ 、 $\beta_0$ ）とその位置での面位置計測データすなわちウエハ表面の光軸 $AX$ 方向の位置 $Z_{0jk}$ （ $k=1\sim p$ ）のデータから

【0059】

【数1】

$$Z_{ijk} \ (k=1\sim p) = Z_{0jk} + Z_j - Z_0;$$

と計算する。ここでは補正をレベリングステージの $Z$ 位置で行う例を説明したが、計測値 $Z_{0jk}$ の値を基にレベリングステージの補正駆動を行っているため、レベリングステージの駆動誤差が無視できる場合、 $Z_{0jk}$ の値を逐次加算していくことによっても補正は実現可能である。この位置 $Z_{0jk}$ （ $k=1\sim p$ ）に対応する信号が $p$ 個のCCDリニアセンサで構成された検出部19からフォーカス信号処理部26へ入力され、上記補正計算を実施した後、第 $j$ 計測ポイントでの計測値としてメモリされる。またステップ6にてこの位置でのウエハステージのポジション（ $X$ 、 $Y$ ）も同時にメモリする。ステップ7では同様の測定をサンプルショット内全ポイント（ $j=1\sim n$ ）での計測が終了したか判定し、終了していなければステップ4で次のポイントへ移動し同様の計測を繰り返す。終了した場合ステップ8で全サンプルショット（ $i=1\sim m$ ）での計測が終了したか判定し終了していなければステップ3へ移動する。

【0060】ステップ8の判定で全サンプルショット内全サンプルポイントでの計測が終了したと判定された場合、ステップ9にて被露光位置内計測位置での全ポイント、全センサ位置でのオフセット補正值 $C_{jk}$ を計算する。本オフセット計測シーケンスで得られる被露光位置内の計測ポイント $j$ での計測センサ $k$ の計測値 $Z_{jk}$ により $n \times p$ 個のウエハ面形状関数 $F_{np}(x, y)$ （各面形状関数のデータポイント数はサンプルショット $S_i$ （ $i=1\sim m$ ）の $m$ ポイント）が決定される。これらの面形状関数 $F_{np}(x, y)$ の曲面の次数や展開式は所定の多項式の形で予め定めておき、各面のオフセット量を求めるために測定量 $Z_{jk}$ を面位置データとして用い、最小自乗法により $F_{np}$ の係数すなわち補正量を求める。具体的には

【0061】

【数2】

$$\iint (F_{jk}(x, y) - Z_{jk}(x, y))^2 dx dy = 0$$

$$(j=1 \sim n, k=1 \sim p)$$

なる式を満足するような定数項  $C_{jk}$  を求め、その結果をメモリに記憶する。

【0062】引き続き各被露光位置でのフォーカス位置計測、 $C_{jk}$  による計測値補正およびレベリングステージの位置補正の過程を図12および図13にて説明する。

【0063】図12のステップ10で第Nショットの第1計測ポイントに到達した位置すなわち図13(a)に示すように第N-1ショットを露光中にフォーカス計測ビームが第Nショット第1計測ポイントにかかる位置へウエハステージ5が移動している状態を説明する。1ショット内の計測ポイント  $j$  は  $n$  箇所、計測ポイントを含む各計測ポイント間駆動ポイント  $h$  は  $v$  箇所とし、 $j$  で計測ポイント、 $jh$  で駆動ポイントを表す。

【0064】ステップ11で該位置がフォーカス計測位置かどうかを判断し、計測位置であればステップ12で第Nショット、第1計測ポイントでの  $Z_{jk}$  計測値を求める。具体的には図13(a) CR1, CR2, CR3の計測ビームに対する光電変換手段群19のうち3つのCCDリニアセンサからの検出信号をフォーカス信号処理部26にて処理しその高さデータ  $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ ,  $Z_{13}$  を求める。この測定データには干渉による計測誤差や段差によるオフセット誤差を含んでいるため、図11のステップ9で求めた  $C_{jk}$  の補正データを使用し次のように差分を求めることによりウエハ本来の面位置計測データ  $ZT_{jk}$  が求まる。

【0065】

【数3】

$$ZT_{jk} = Z_{jk} - C_{jk}$$

ここで算出された  $ZT_{jk}$  はレジスト表面に起因する計測オフセットが補正された、露光エリア内のウエハの変形分のみを含んでいる。ステップ14でNショット上の第1計測ポイントでなければ、ステップ15でこの面位置データと  $j-1$  の面位置データを基に  $j$  と  $j-1$  間の  $v$  箇のポイントの最小自乗平面を計算しメモリする。

【0066】次にステップ11へ戻り、フォーカス計測ポイントでなければステップ16へ進み、そこでフォーカス補正ポイントと判断すれば、ステップ15で作製した補間データを用いてウエハステージ5を光軸方向と傾き方向に補正駆動しウエハ露光エリアを縮小投影レンズ像面に一致させる。この時に前述のアップ誤差を補正するために、X、Yステージのレーザ干渉計の読み値を前記補正駆動量およびアップ補正係数に応じて補正する。このアップ補正係数は予め記憶手段に記憶しておいたものを使用する。

【0067】次にステップ11に戻り、以下、ステップ17までの補正駆動を  $v$  回繰り返す。フォーカス計測ポ

イント間の補正駆動が終了するとステップ18で全計測ポイントが終了したか確認し、終了していなければステップ11に戻って  $j=n$  となるまで計測、補正駆動を並列に繰り返す。すなわち図13(b)の状態では  $j=1$  のデータで補正を行い同時に  $j=2$  のポイントでフォーカスの計測を行い、図13(a)および図13(b)の補正データを使用して図13(b)から図13(c)の間の露光スリット下の面位置補正およびアップ補正を行う。次に、図13(c)では  $j=2$  のデータを使用して露光スリット下の面位置補正およびアップ補正を行う。以下、これを繰り返し、 $j=n$  ポイントまで計測・補正が完了するとステップ17でウエハ上全露光ショットの露光が終了したかを確認し  $N=w$  となるまで各ショットのスキャン露光を繰り返す。

【0068】以上説明したウエハの面位置および傾きを検出する際に問題となる計測誤差やチップ内段差のオフセット値を計測データから補正值として導出し、補正するシーケンス、すなわち、多点フォーカス検出機構でのセンサ間キャリブレーションは形成されるパターンが異なる各工程で行うことになるが、ロット内の1枚のみで測定するだけで十分である。その後の同一工程に関してはロット先頭の1枚で求めたオフセット  $C_{ij}$  をメモリに記憶しておいて、各フォーカス計測・補正時に使用することにより本来の目的は十分実現可能であり、スループットを低下させることなく高精度のレベリング補正および露光が実施される。

【0069】上記実施例では被露光領域内でメモリセルなどフォーカス深度が最も厳しい1ポイントを事前に露光してベストフォーカスを求めるようにしたが1ポイントに限るものではなく、また、装置要因すなわちレンズの環境による変化を求めるため最低1ポイント測定し被露光領域内で個別にフォーカス補正位置を変化した方がよい場合すなわちロジックデバイスなどで部分的に表面高さが異なる場合にはその設計値から上記面位置データオフセット  $C_{jk}$  のデータを補正してもよい。具体的には露光スリットの幅を考慮し  $C_{jk}$  で定義される2次元マップからオフセットを変更すべき領域が大きい場合その段差分で  $C_{jk}$  を補正する。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第1の態様によれば、基板の高さを相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記基板高さ駆動の目標値の変更を前記基板高さ測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔は被検査物高さ制御系の応答時間より短い時間とし、前記基板高さ計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを用いることにより、高さ計測の計測間隔を短くすることなく簡便な制御系により高精度に基板高さを設定することができる。

【0071】また、本発明の第2の態様によれば、X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上に吸着固定された基板の高さを相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記基板高さ駆動の目標値の変更を前記基板高さ測定の間隔より短い間隔で行い、また前記基板高さの駆動により生じたX、YステージのX、Y位置測定の際の誤差の補正間隔を前記基板高さ測定間隔より短い間隔かつX、Yステージの応答時間より短い間隔とすることにより、高さ駆動に伴うX、Y方向の位置ずれをなくし、高精度に基板高さを設定することができる。

【0072】また、本発明の第3の態様によれば、パターンが形成されたウエハの高さを相対走査しながら連続的に検出する方法において、前記ウエハの複数の被露光域内を相対走査しながら連続的に高さを検出する段階と、前記連続的に得られた複数の被露光域内高さデータから該被露光域内ではほぼ同一箇所の高さのデータの組毎に各々ウエハの面位置データを求める段階と、前記被露光域内の測定ポイントの内少なくとも1点を絶対基準位置にあわせるための補正値を求める段階と、前記絶対基準にとったポイントでつくられるウエハの面位置データに基づいて該被露光域内の他の計測ポイントでつくられるウエハの面位置データの補正値を各々求める段階と、前記各補正値に基づいて相対走査中の連続高さ計測値を各々補正駆動する段階を有し、前記ウエハ高さ補正の駆動目標値の変更を前記ウエハ高さ測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔はウエハ高さ制御系の応答時間より短い時間とし、前記ウエハ高さ計測点の間のウエハ高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを用いることにより、簡便な制御系でスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで高精度に補正することができる。

【0073】また、本発明の第4の態様によれば、基板の面位置を相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において、前記面位置駆動の目標値の変更を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔は基板面位置制御系の応答時間より短い時間とし、前記基板面位置計測点の間の基板高さ駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを用いることにより、面位置計測の計測間隔を短くすることなく簡便な制御系により高精度に基板面位置を設定することができる。

【0074】また、本発明の第5の態様によれば、X、Y方向および高さ方向に移動するステージ上のパターンが形成された基板の面位置を相対走査しながら連続的に検出し駆動する方法において前記基板面位置駆動の目標値の変更を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記基板面位置の駆動により生じたX、Yス

ージのX、Y位置測定の際の誤差の補正間隔を前記基板面位置測定の間隔より短い間隔かつX、Yステージの応答時間より短い間隔とすることにより、面位置駆動に伴うX、Y方向の位置ずれをなくし、高精度に基板面位置を設定することができる。

【0075】また、本発明の第6の態様によれば、ウエハ上に並んだ同一パターン構造で形成された複数の被露光領域において、該被露光領域内を一定方向に相対走査しながら複数ポイントの面位置データを測定する段階と、該複数被露光領域での上記相対走査中の複数面位置データに基づいて各相対走査のポイント毎の同一箇所のデータの組毎に前記ウエハの面形状を個別に検出する段階と該個別の面形状に基づいて被露光域内の各相対走査計測位置での計測値の基準位置に対する補正値を検出する段階と前記補正値に基づいて該被露光域内を一定方向に相対走査しながら測定される複数ポイントの面位置データに基づいて補正駆動する段階を有し、前記ウエハ面位置補正の駆動目標値の変更を前記ウエハ面位置測定の間隔より短い間隔で行い、また前記駆動目標値変更の間隔はウエハ面位置制御系の応答時間より短い時間とし、前記ウエハ面位置計測点の間のウエハ面位置駆動目標値は、前後の計測点を含む複数の計測点での計測値に基づく値を直線補間または多次近似補間で補間したものを用いることにより、簡便な制御系によりスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで高精度に補正することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例におけるウエハ高さおよび露光領域および高さ測定位置の関係を示した説明図である。

【図2】 本発明の一実施例に係る面位置検出方法を用いるスリットスキャン方式の投影露光装置の部分的概略図である。

【図3】 図2の装置における検出光学系による面位置検出での露光スリットと各測定点の位置関係を示す説明図である。

【図4】 ウエハ上の被露光領域の配列状態と本発明の実施例でプリスキャンを行うサンプルショットの選択の例を示す平面図である。

【図5】 ウエハ高さおよび露光領域および高さ測定位置の関係を示した説明図である。

【図6】 本発明の実施例におけるウエハ高さおよびXステージの位置ずれの関係を示した説明図である。

【図7】 被露光領域スキャン中のIC表面トポグラフィを示す被露光領域とフォーカス制御されたスリット露光の像面位置の関係を説明する説明図である。

【図8】 本発明の実施例において高精度にフォーカスオフセットを算出するための補正駆動を行う必要性を説明する説明図である。

【図9】 本発明の第2の実施例に係る面位置検出方法を用いたオフセットの測定および各ショットでの露光時

の面位置補正駆動のシーケンスの概略例を示すフローチャート図である。

【図10】 本発明の第2の実施例に係る面位置検出方法を用いたロット着工のシーケンス例を示すフローチャート図である。

【図11】 本発明の第3の実施例に係る面位置検出方法を用いたオフセットの測定のシーケンスの一例を示すフローチャート図である。

【図12】 本発明の第3の実施例に係る面位置検出方法を用いた各ショットでの露光時の面位置補正駆動のシーケンスの一例を示すフローチャート図である。

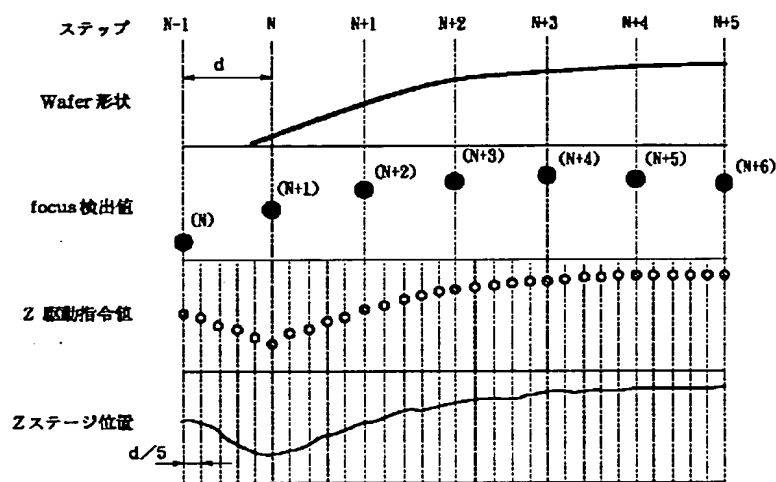
【図13】 本発明の第3の実施例に係る面位置検出方

法を用いたスリットスキャン露光時のスリットと面位置検出センサの位置関係を説明する説明図である。

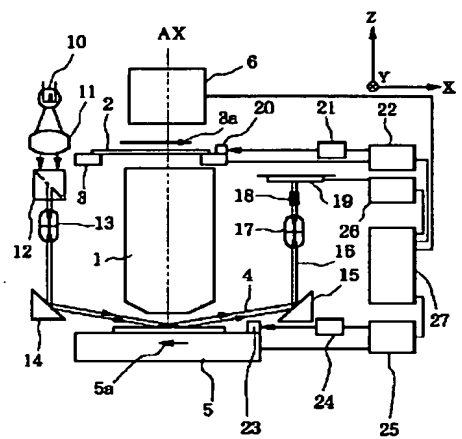
【符号の説明】

1：縮小投影レンズ、2：レチクル、3：レチクルステージ、4：ウエハ、5：ウエハステージ、6：露光照明光学系、10：光源、11：コリメータレンズ、12：プリズム形状のスリット部材、14、15：折り曲げミラー、19：光電変換手段群、21：レチクルステージ干渉計、22：レチクル位置制御系、24：ウエハステージ干渉計、25：ウエハ位置制御系、26：面位置検出系、27：メイン制御部。

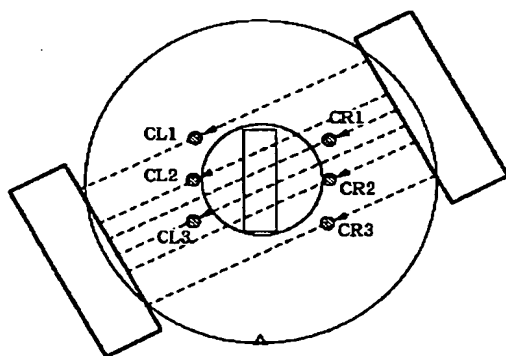
【図1】



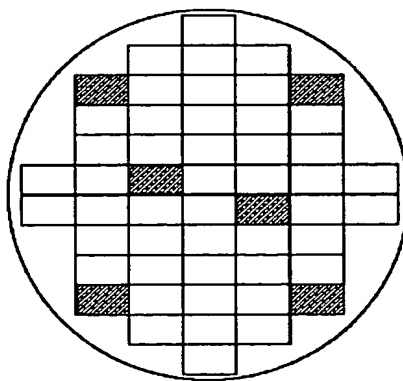
【図2】



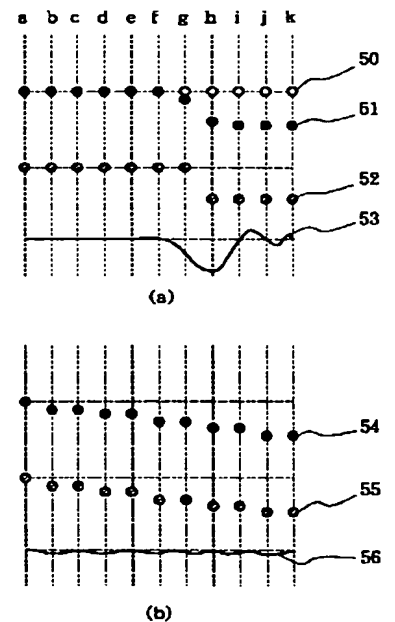
【図3】



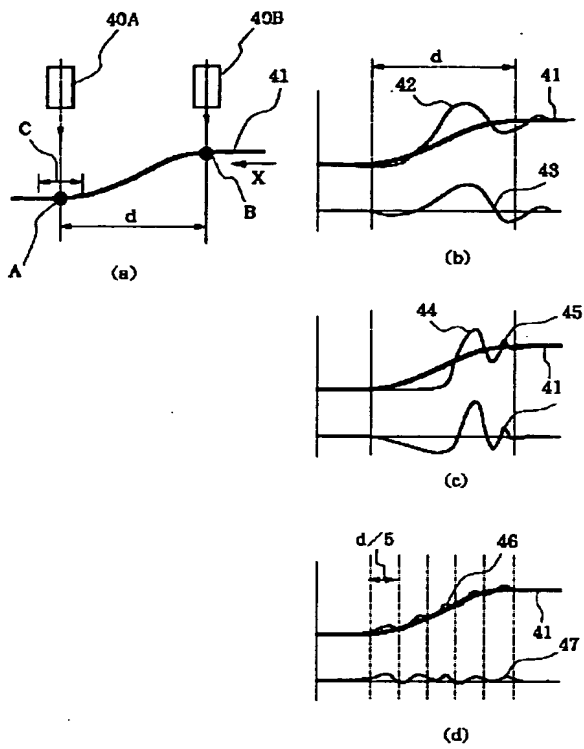
【図4】



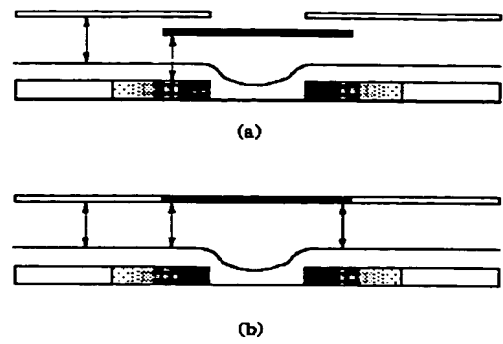
【図6】



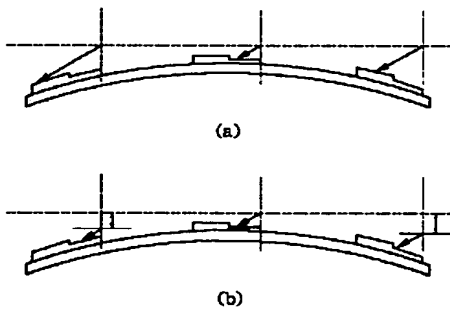
【図5】



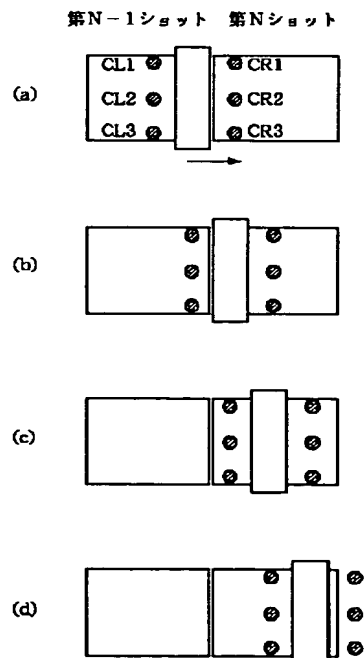
【図7】



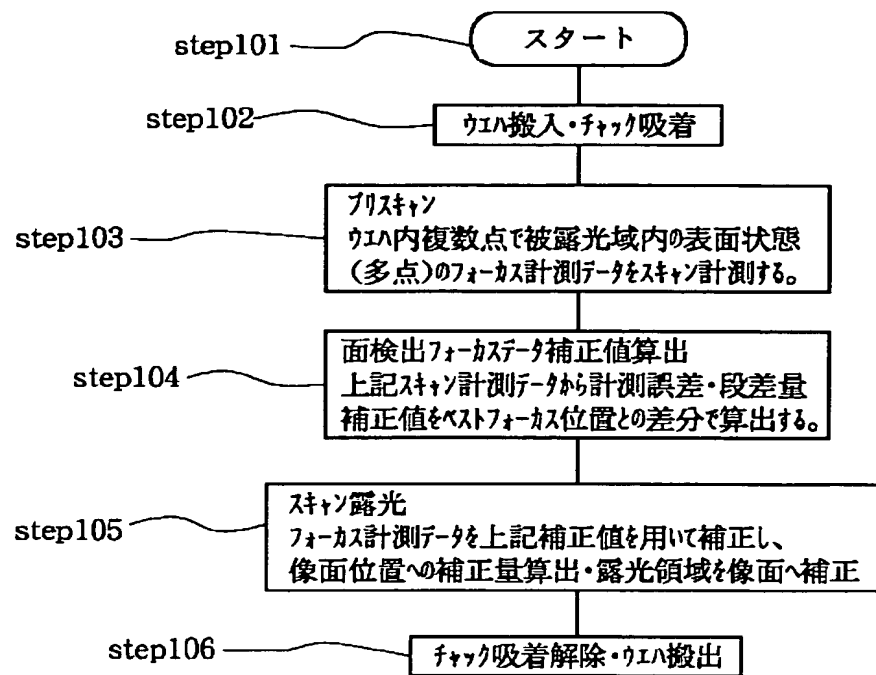
【図8】



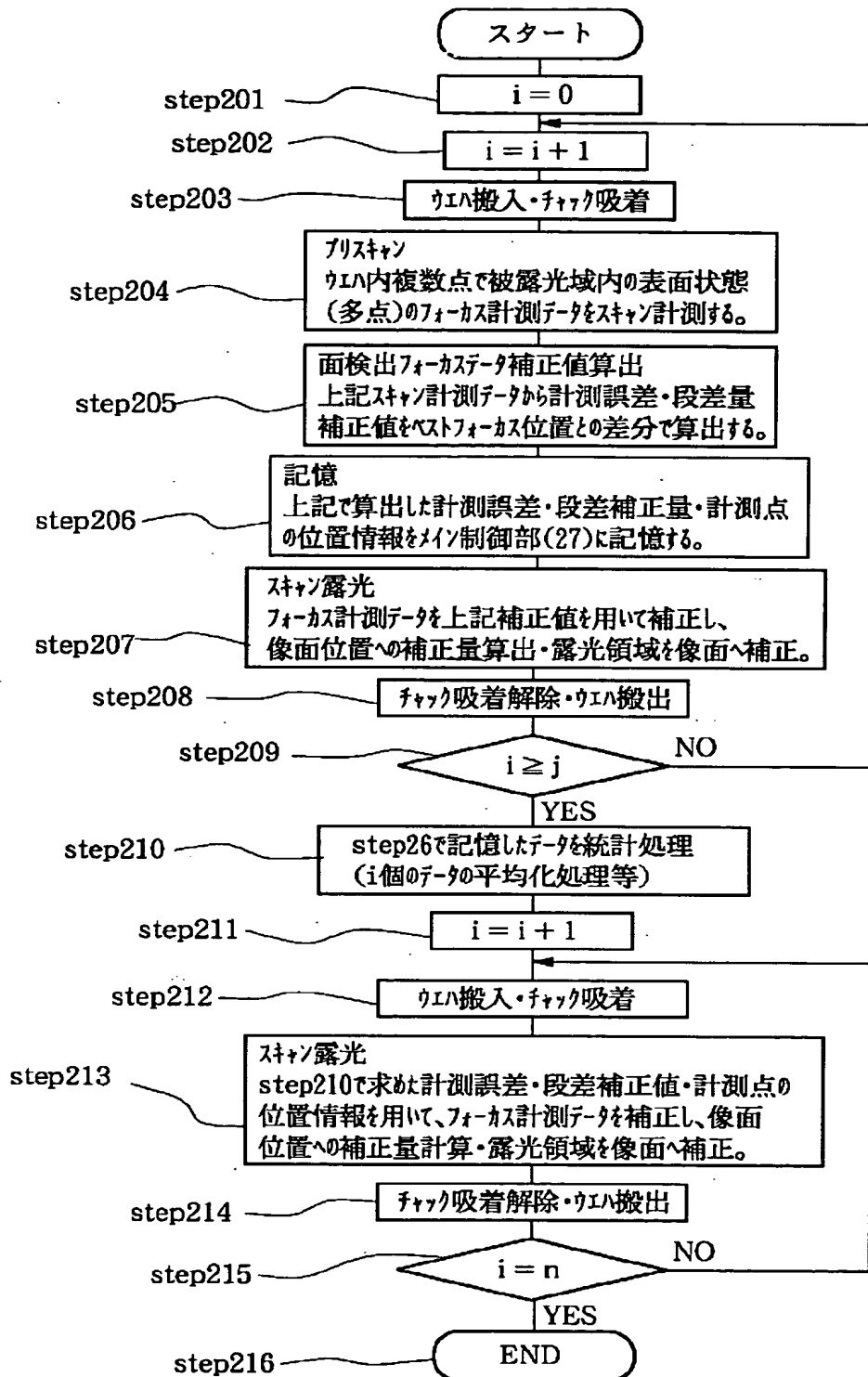
【図13】



【図9】

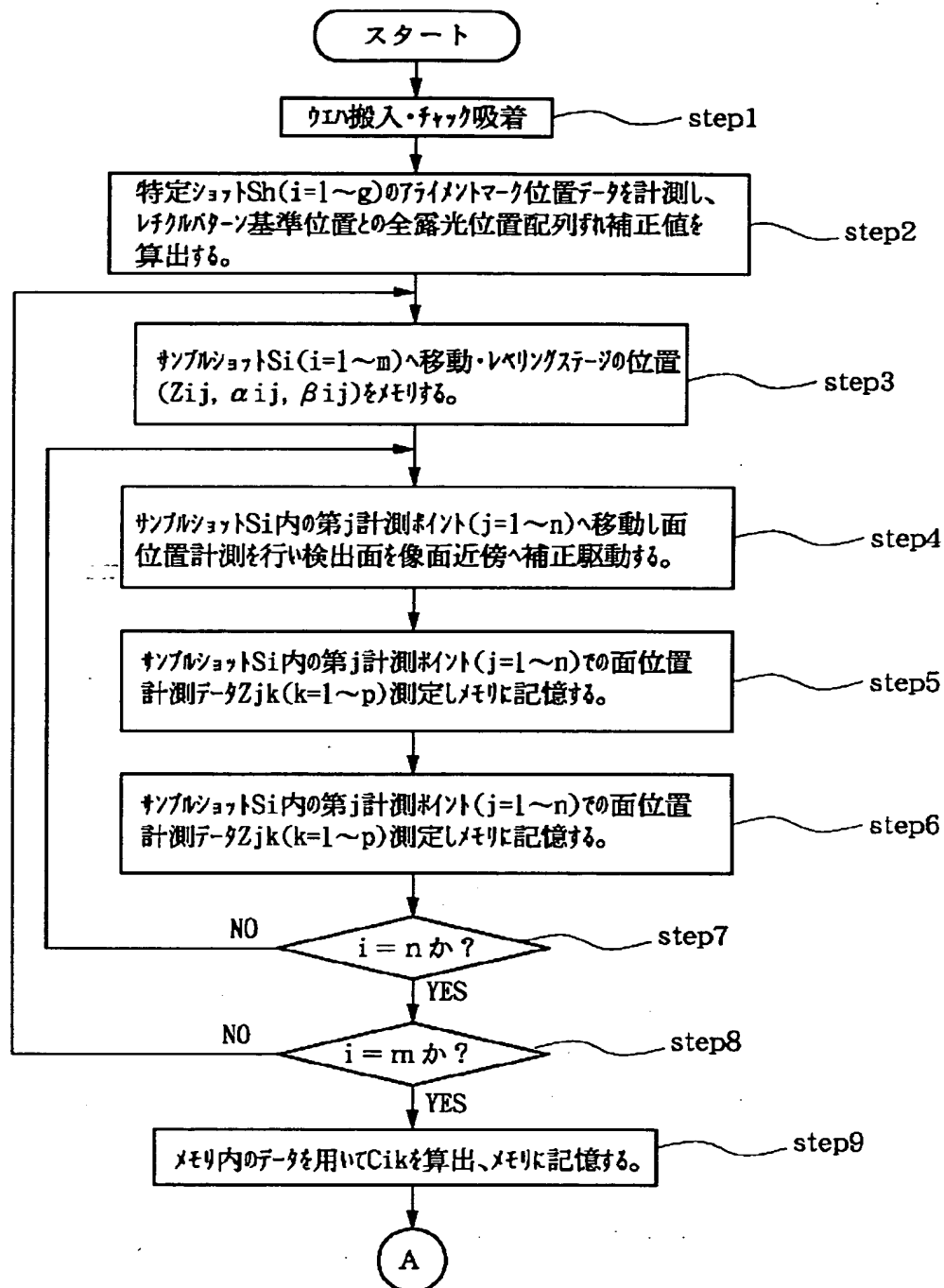


【図10】

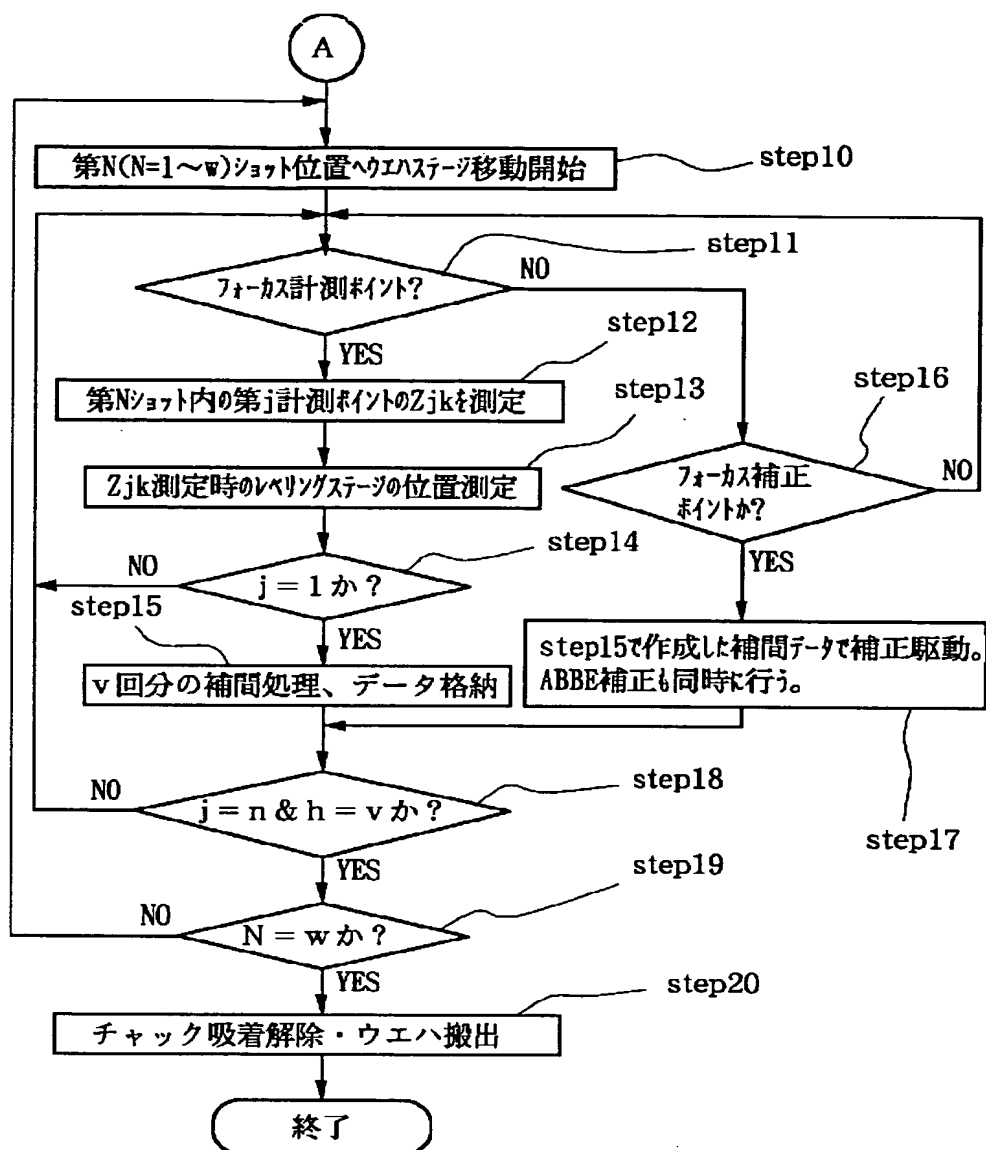




【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 2 6 B